

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

10/522908

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Februar 2004 (12.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/013953 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H02P 9/30,
9/04, H02J 7/14, F02N 11/04

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLÜMEL, Roland
[DE/DE]; Sauerampferweg 24, 70599 Stuttgart-Plöningen
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007698

(74) Anwälte: GMEINER, Christa usw.; DaimlerChrysler
AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546
Stuttgart (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juli 2003 (16.07.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

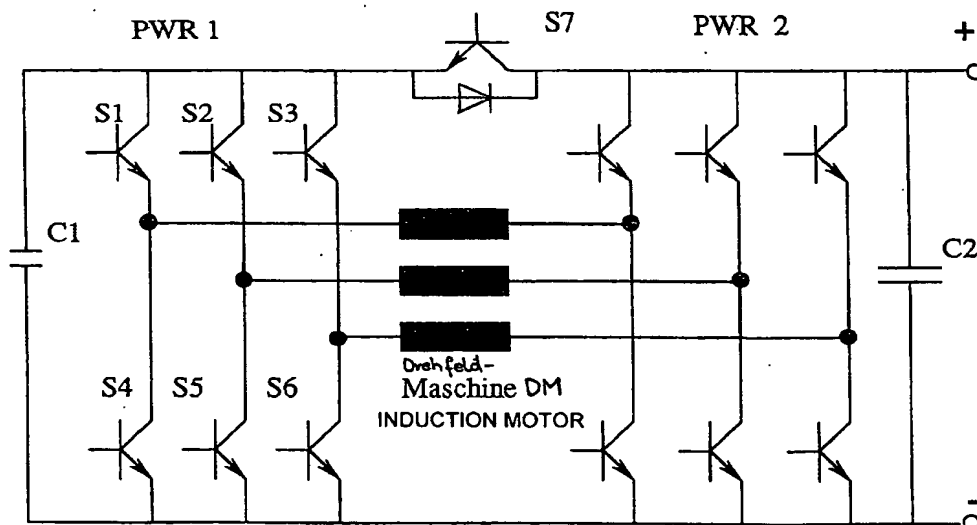
(25) Elnreichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen(30) Angaben zur Priorität:
102 34 594.5 30. Juli 2002 (30.07.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Eppelstrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: GENERATOR/MOTOR SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING SAID SYSTEM

(54) Bezeichnung: GENERATOR/MOTOR-SYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DIESER GENERATOR/MOTOR-
SYSTEMS

(57) Abstract: The invention relates to a generator/motor system and to a method for operating said system, according to which the filter streams are reduced. The generator/motor system comprises an induction motor (DM), in addition to a pulse-controlled converter and filter capacitors (C1, C2). The pulse-controlled converter is configured in the inventive embodiment by two identical pulse-controlled converters (PWR1, PWR2), each having half the rated power. During operation, the system commutates between a star circuit, in which only the first pulse-controlled rectifier is in operation and a single phase circuit, in which both pulse-controlled rectifiers are in operation, according to the required rotational speed. To obtain a torque that is comparable to that in prior art, even if only one of the pulse-controlled rectifiers is used, the induction motor has approximately double the number of stator turns.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Generator/Motor-System und ein Verfahren zur Betreiben dieses Generator/Motor-Systems, mit dem die Filterströme verringert werden. Das Generator/Motor-System weist dazu eine Drehfeldmaschine (DM) sowie einen Pulswechselrichter und Filterkondensatoren (C1, C2) auf. Der Pulswechselrichter wird in der erfindungsgemässen Ausführungsform durch zwei identische, jeweils die halbe Bauleistung aufweisende Pulswechselrichter (PWR1, PWR2) gebildet. Im Betrieb erfolgt je nach erforderlicher Drehzahl eine Umschaltung zwischen einer Sternschaltung, in der lediglich der erste Pulswechselrichter in Betrieb ist, und einer Einzelstrangschaltung, in der beide Pulswechselrichter in Betrieb sind. Um ein dem Stand der Technik vergleichbares Drehmoment zu erhalten, auch wenn nur einer der beiden Pulswechselrichter verwendet wird, weist die Drehfeldmaschine ungefähr die doppelte Anzahl von Statorwindungen auf.

Generator/Motor-System und Verfahren zum Betreiben dieses Ge-
nerator/Motor-Systems

Die Erfindung betrifft ein Generator/Motor-System nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben dieses Generator/Motor-Systems.

Derzeit wird in Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor eine Vereinigung von Starter und Generator zu einer einzigen elektrischen Maschine angestrebt.

Jedoch besteht bei diesen Bemühungen bereits im Grobentwurf dahingehend ein Problem, dass zwei völlig gegenläufigen Forderungen entsprochen werden muss.

Zum einen muss zum Starten und Hochbeschleunigen eines Verbrennungsmotors ein extrem hohes Durchdreh-Drehmoment aufgebracht werden. Dieses Drehmoment kann, je nach Hubraum bzw. Zylinderzahl des Verbrennungsmotors, größer als 240 Nm sein. Darüber hinaus muss die elektrische Maschine noch Drehmoment-Reserven für die Beschleunigung des Verbrennungsmotors auf Startdrehzahl aufbieten können.

Zum anderen soll, nach erfolgreichem Start des Verbrennungsmotors, die als Starter/Generator konzipierte elektrische Maschine vornehmlich als Generator arbeiten, um in das Bordnetz des Kraftfahrzeugs einzuspeisen. Dabei hat man die Forderung nach konstanter Leistungsabgabe über dem, vom Verbrennungs-

tor vorgegebenen, extrem gespreizten Drehzahlbereich von 600 bis 6000 1/min (Motor) bei möglichst hohem Wirkungsgrad.

Beide Forderungen lassen sich mit einem Standardantrieb bestehend aus dreisträngiger Drehfeldmaschine 30 und spannungseinprägendem Pulswechselrichter (PRW) 31 in Drehstrombrückenschaltung mit Filterkondensator C, wie in Fig. 3A gezeigt, kaum wirtschaftlich darstellen.

Ein Problem, das es hierbei zu überwinden gilt, ist die notwendige Miniaturisierung und komplette Integration der Leistungselektronik. Einer Integration stehen die notwendigen Filterkondensatoren im Wege. Insbesondere bei der relativ niedrigen Bordnetzspannung von 42V sind derzeit bei Asynchronmaschinen Phasenströme von ca. 1200 A im Gespräch, um die geforderten Startmomente zu erzeugen. Die Zwischenkreiskondensatoren C, wie beispielsweise in Fig. 3A gezeigt, die den Aufbau einer herkömmlichen Antriebsanlage mit Drehfeldmaschine 30, Pulswechselrichter 31 und Zwischenkreiskondensator C zeigt, nehmen hier beträchtliche Ausmaße an, die einer Integration im Wege stehen.

Darüber hinaus haben erste Messungen im Absorberraum gezeigt, dass hier keine Kompromisse gemacht werden können. Die Filterung ist notwendig, um die harten EMV-Bestimmungen bei Kraftfahrzeugen zu erfüllen. Gebot ist, die Ströme der Maschine zu verringern und damit die Filterströme, bei gleichbleibenden sonstigen Eigenschaften des Antriebs.

Herkömmlich geschieht die Auslegung des Antriebssystems mit Drehfeldmaschine und Pulswechselrichter wie folgt und unter Bezugnahme auf Fig. 3B beschrieben.

Fig. 3B zeigt eine herkömmliche Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik. Die durchgezogene Linie in Fig. 3B zeigt, was mit einer bestimmten Auslegung der Drehfeld-Maschine und einer zugehörigen Pulswechselrichter-Leistung erreichbar ist.

Soll z.B. das Startmoment unter Beibehaltung der Standard-Pulswechselrichter-Topologie, d.h. einem Pulswechselrichter in Sechspulsbrückenschaltung, und Beibehaltung der Pulswechselrichter-(Schein)-Leistung vergrößert werden, so muss die Wicklung der Drehfeld-Maschine entsprechend abgeändert werden. Im einfachsten Fall werden mehr Windungen mit dünneren Drähten ausgeführt. Dies führt zur gestrichelt eingezeichneten Kennlinie in Fig. 3B. Es ist zu erkennen, dass diese Maßnahme zwar bei unveränderter Pulswechselrichter-Leistung das Startmoment anheben kann, jedoch nur auf Kosten der Generator-Leistung bei höheren Drehzahlen. Der Auslegungspunkt senkt sich dementsprechend ab. Aufgrund der höheren Windungszahl erreicht die Drehfeld-Maschine ihren Feldschwächbetrieb, d.h. die Pulswechselrichter-Aussteuergrenze, früher und kann später bei Generatorbetrieb weniger Leistung abgeben.

Insbesondere bei Kraftfahrzeug-Anwendungen und speziell Starter-Generator-Anordnungen spielen zudem die Kosten für den Pulswechselrichter eine entscheidende Rolle. Die Kosten eines Pulswechselrichters werden heute nicht mehr so sehr nach der Stromstärke bewertet, die der Pulswechselrichter tragen muss, sondern nach derjenigen Stromstärke, die in der Topologie zu kommutieren ist. Diese Kenngröße bestimmt den Filteraufwand, welcher im besonders EMV-sensiblen Bereich der Automobilindustrie in besonderem Maße zu Buche schlägt. Die Filter stehen außerdem einer Miniaturisierung im Wege, weiterhin sind es vor allem auch die Zuverlässigkeitsprobleme bei hohen Temperaturen. Daher muss versucht werden, die Leistungselektronik in der Antriebsschaltung so effizient wie möglich zu gestalten, insbesondere die zu kommutierenden Ströme abzusenken.

In M. Osama, T.A. Lipo „Modeling and Analysis of a Wide-Speed-Range Induction Motor Drive Based on Electronic Pole Changing“, IEEE Transactions on Industry Application, Vol. 33, Nr. 5, September/Okttober 1997 ist eine polumschaltbare Drehfeld-Maschine mit zwei Wicklungssystemen und zwei ge-

trennten Pulswechselrichtern beschrieben. In der speziellen Kombination der Wicklungssysteme ergeben sich aber suboptimale Wicklungsfaktoren, so dass die Drehfeld-Maschine für eine gegebene Baugröße des Pulswechselrichters den maximal möglichen Pulswechselrichterstrom nicht optimal in Drehmoment umsetzen kann. Das dynamische Verhalten bei Umschaltung der Drehfeld-Maschine ist nicht ohne entsprechende Drehmoment-Transiente möglich, was im Triebstrang besondere Probleme aufwerfen kann, was zu Komforteinbussen für den Benutzer führen kann. Ein ähnliches Problem hat auch die seit langem bekannte Dahlanderschaltung.

In DE 199 31 010 A1 ist ein an sich bekannte, sogenannte „Diode-Clamp Double-Three-Level Converter“ durch ein neuartiges Pulsverfahren derart angesteuert, dass man eine Seriell/Parallel-Umschaltung der beiden Wicklungssysteme herbeiführen kann. Hierbei bleibt die Polzahl der Drehfeld-Maschine beim Umschalten erhalten. Da die Umschaltung durch andere Vorgabe der Spannungszeiger bewirkt wird, geht die Umschaltung auch geräuschlos und ohne Drehmoment-Transiente von staten. Die Wicklungssysteme können zudem noch in der Phase „geschwenkt“ werden, so dass eine weitere, signifikante Reduktion des zu filternden Zwischenkreisstromes erreicht werden kann. Obwohl technisch am weitesten entwickelt, ist dieses Systems jedoch sehr aufwendig und kostenintensiv.

Daher wäre ein System mit einem Einspeise-Stromrichter und einem Maschinen-Stromrichter, also einem echten Umrichter besser geeignet, da dann eine größere Flexibilität erreicht werden kann. Ein derartiger echter Umrichter ist beispielsweise in L. Sack „Reduction of Losses in the DC-Link Capacitor of Two-Stage Self-Commutated Converters“, Proceedings of the EPE '99, Lausanne, Schweiz beschrieben. Hier kann durch Synchronisierung der Pulsmuster ebenfalls eine signifikante Reduktion des zu filternden Ripplestroms erreicht werden. Gelingt es, die Rippleströme zu verringern, so wird gleichzeitig auch der Wirkungsgrad des Systems gesteigert, da herkömm-

lich auch relativ viel Energie am Einspeise-Stromrichter des Kondensators in Verluste umgesetzt wird.

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Generator/Motor-System und ein Verfahren zur Betrieb dieses Motor/Generator-Systems auszubilden, bei/mit dem die zu kommutierenden Ströme im Pulswechselrichter auf einfache und kostengünstige Weise signifikant verringert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Generator/Motor-System mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben dieses Generator/Motor-Systems mit den Merkmalen von Anspruch 8 gelöst.

Vorteilhaft ist es insbesondere, dass es durch die Aufteilung des Pulswechselrichters in zwei identische Pulswechselrichter jeweils halber Bauleistung möglich wird, das Generator/Motor-System sowohl in Sternschaltung als auch in Einzelstrangschaltung zu betreiben und dadurch eine gleichmäßige Strombelastung des Filters über einen weiten Bereich hinweg zu erhalten. Dadurch wird sowohl ein Spitzenstrom beim Starten als auch eine Auslegung der Filter auf diese Spitzenbelastung vermieden, da in Sternschaltung nur in etwa die Hälfte der herkömmlichen Phasenströme kommutiert werden muss.

Diese und weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems,

Fig. 2 eine Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik eines herkömmlichen Generator/Motor-Systems und eine äquiva-

lente Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik des erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems und

Fig. 3 mit den Fig. 3A und 3B eine herkömmlichen Antriebsanlage sowie eine zugehörige Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik.

Fig. 1 zeigt ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems. Das erfindungsgemäße Generator/Motor-System weist eine dreisträngige Drehfeldmaschine DM auf, deren einzelne Generator-Phasenwicklungen bzw. Maschinenstränge a, b und c mit einem ersten und einem zweiten Pulswechselrichter PWR1 und PWR2 verbunden sind. Der erste und der zweite Pulswechselrichter PWR1 und PWR2 sind identisch ausgebildet und besitzen die identische Bauleistung. Jeder Pulswechselrichter PWR1 bzw. PWR2 besteht aus sechs elektronischen Zweigschaltern S1 bis S6, die beispielsweise durch MOS-Transistoren oder IGBT (Integrated-Gate-Bipolar-Transistoren) gebildet und in drei Zweigpaaren in Reihe liegend und symmetrisch angeordnet sind, und einem parallel zum Pulswechselrichter geschalteten Filterkondensator C1 bzw. C2. Durch die Aufteilung in den ersten und zweiten Pulswechselrichter PWR1 und PWR2 können diese Filterkondensatoren C1 bzw. C2 bedeutend kleiner gewählt werden, was sich vorteilhaft auf Baugröße und Verlustleistung auswirkt.

Zwischen den beiden Pulswechselrichtern PWR1 und PWR2 ist parallel zu den Maschinensträngen a, b, c ein elektronischer Schalter S7 ausgebildet, über den eine positive Sammelschiene des ersten Pulswechselrichters PWR1 mit der positiven Sammelschiene des zweiten Pulswechselrichters PWR2 verbindbar bzw. davon trennbar ist. Dieser elektronische Schalter S7 kann, aber muss nicht bidirektional sein. Als nicht bidirektionaler Schalter kann für den Schalter S7 ein PowerMOS-Transistor mit parasitärer Inversdiode verwendet werden.

Im folgenden wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 1 das Funktionsprinzip des erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems erläutert.

Das erfindungsgemäße Generator/Motor-System gestattet zwei verschiedene Betriebsmodi.

1. Betrieb in Sternschaltung

In Sternschaltung sind die Zweigschalter S1, S2 und S3 geschlossen und die Zweigschalter S4, S5 und S6 sowie der elektronische Schalter S7 offen. Der Pulswechselrichter PWR1 bildet so einen Sternpunkt für die 3 abgebildeten Maschinenstränge a, b und c. Bei spannungseinprägenden Pulswechselrichtern PWR1 und PWR2 in Sechspulsbrückenschaltung springt das Potential des Sternpunkts in Abhängigkeit der eingeschalteten Spannungszeiger zwischen $1/3$ und $2/3$ der Spannung des Zwischenkreises. Bestehen die Schalter aus MOS, so kann die Inversdiode nicht aufgesteuert werden.

Da jetzt verglichen mit dem Stand der Technik nur der halbe Pulswechselrichter, nämlich der Pulswechselrichter PWR1 für die Stromführung zur Verfügung steht, bekommt die Drehfeldmaschine DM zum Ausgleich mehr Statorwindungen. Die Durchflutung, die das Drehmoment bestimmt, bleibt somit erhalten. Damit ergibt sich der Kennlinien-Ast 1 in Fig. 2. Es wird ein gleich großes Drehmoment realisiert, aber da nur die eine Hälfte der Schaltung an der Energieumsetzung teilnimmt, nämlich der Pulswechselrichter PWR1, muss auch nur etwa die Hälfte der ursprünglichen Phasenströme kommutiert werden. Lässt man die gleiche Welligkeit der Zwischenkreisspannung zu, halbiert sich auch in etwa der Filteraufwand.

2. Betrieb in Einzelstrangschaltung („open delta“)

Natürlich wird aufgrund der annähernd doppelt so vielen Statorwindungen der Drehfeldmaschine DM die Aussteuergränze des

Pulswechselrichters PWR1 bereits bei der halben Drehzahl gegenüber der Standard-Lösung erreicht. Dann wird der durch den Pulswechselrichter PWR1 gebildete Sternpunkt aufgelöst und das Generator/Motor-System in Einzelstrangschaltung betrieben. Dazu wird der elektronische Schalter 7 geschlossen und der Pulswechselrichter PWR1 derart angesteuert, dass jeder Strang eine eigene Halbbrücke erhält, d.h. es werden alle Zweigsschalter des ersten und des zweiten Pulswechselrichters PWR1 und PWR2 geschlossen. Durch diese Herabsetzung der Klemmenspannung auf ungefähr die Hälfte wird die Aussteuergrenze des erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems weiter zu höheren Drehzahlen hin verlagert. Es wird der selbe Bemessungspunkt realisiert. Ein Kennlinienast 2 der Kennlinie der erfindungsgemäßen Generator/Motor-Systems deckt sich dann ungefähr mit der einer Standard-Schaltung.

Somit ist das Ziel mit Hilfe der erfindungsgemäßen, umschaltbaren Generator/Motor-Systems erreicht. Durch die Umschaltung des Motor/Generator-Systems erfolgt eine Vergleichmäßigung der Strombelastung des Filters über einen weiten Bereich hinweg. Der Spitzenstrom beim Starten so wie die Auslegung der Filter auf diese Spitzenbelastung wird somit vermieden.

Das Umschalten von einem Betriebsmodus auf den anderen erfolgt erfindungsgemäß wirkungsgradoptimiert. Gezeigt sind in Fig. 2 nur die Maximal-Charakteristiken. Bei Teillast übernimmt eine Steuereinheit, die als Softwaremodul realisiert sein kann, wirkungsgradoptimiert den genauen, kennfeldabhängigen Umschaltpunkt. Da die Umschaltung stoßfrei geschieht, kann prinzipiell beliebig oft umgeschaltet werden.

Weiterhin ist es an der erfindungsgemäßen Schaltung vorteilhaft, dass mit dem Schalter S7 ein Teil der Kondensator-Ruheströme abgeschaltet werden kann.

Zudem ist die Zuverlässigkeit erhöht, da die Einzelstrangschaltung auch bei Asynchronmaschinen einen, allerdings etwas

eingeschränkten Betrieb gestattet, wenn ein elektronischer Schalter in dem Generator/Motor-System einen Fehler hat, wie beispielsweise Kurzschluss oder Trennung). Es kann dann immer noch ein Drehfeld aufgebaut werden, was bei einer Standardbrückenschaltung mit 3 Phasen nicht möglich ist.

Außerdem ist der Wirkungsgrad erhöht, da die Verringerung der Rippleströme nicht nur in eine Verringerung der Filter insgesamt mündet, sondern auch zur Verringerung der Filterverluste führt.

Patentansprüche

1. Elektrisches Generator/Motor-System, insbesondere zur Anwendung bei beweglichen Einheiten, Kraftfahrzeugen, Schiffen und dergleichen als Bordnetzgenerator und Starter, mit:
einer Drehfeldmaschine (DM) mit drei Generator-Phasenwicklungen (a, b, c) und
einem Pulswechselrichter mit einer vorbestimmten Maximal-Leistung, der mit den drei Generator-Phasenwicklungen (a, b, c) der Drehfeldmaschine (DM) verbunden ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
der Pulswechselrichter in einen ersten und einen zweiten zueinander identischen Pulswechselrichter (PWR1, PWR2) der halben Maximal-Leistung aufgeteilt ist,
der erste und der zweite Pulswechselrichter (PWR1, PWR2) jeweils drei Zweigpaare (S1, S4; S2, S5; S3, S6) aufweisen, jedes der drei Zweigpaare (S1, S4; S2, S5; S3, S6) mit einer zugehörigen der drei Generator-Phasenwicklungen (a, b, c) verbunden ist und aus wenigstens zwei gleichsinnig in Reihe liegenden, symmetrisch angeordneten elektronischen Zweigschaltern (S1 bis S6) besteht,
das Zweigpaar (S1, S4; S2, S5; S3, S6) über die Zweigschalter (S1 bis S6) an einer Gleichspannungsquelle anliegt, wobei der Anschluss der Generator-Phasenwicklungen (a, b, c) zwischen einem Pol der Gleichspannungsquelle und dem Mittelpunkt des zugehörigen Zweigpaars (S1, S4; S2, S5; S3, S6) erfolgt,
zu den Zweigpaaren (S1, S4; S2, S5; S3, S6) des ersten und des zweiten Pulswechselrichters (PWR1, PWR2) jeweils ein Filterkondensator (C1, C2) parallel geschaltet ist und

ein elektronischer Schalter (S7) in einer den ersten Pulswechselrichter (PWR1) und den zweiten Pulswechselrichter (PWR2) mit einem positiven Pol der Gleichspannungsquelle verbindenden positiven Sammelschiene ausgebildet ist, über den die positiven Sammelschienen der Pulswechselrichter (PWR1, PWR2) verbunden und voneinander getrennt werden können.

2. Elektrisches Generator/Motor-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Schalter (S7) unidirektional ist.
3. Elektrisches Generator/Motor-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Schalter (S7) ein PowerMOS-Transistor mit parasitärer Inversdiode ist.
4. Elektrisches Generator/Motor-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Schalter (S7) ein bidirektionaler Schalter ist.
5. Elektrisches Generator/Motor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zweigschalter (S1 bis S6) PowerMOS-Transistoren mit parasitärer Inversdiode sind.
6. Elektrisches Generator/Motor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehfeldmaschine (DM) eine derart erhöhte Anzahl von

Statorwindungen besitzt, dass bei Zuschaltung von nur einem Pulswechselrichter (PWR2) eine Durchflutung erreicht werden kann, die einer Durchflutung bei Zuschaltung des gesamten Pulswechselrichters, d.h. des ersten und des zweiten Pulswechselrichters (PWR1, PWR2) ohne Erhöhung der Anzahl von Statorwindungen entspricht.

7. Elektrisches Generator/Motor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

weiterhin eine Steuereinheit vorgesehen ist, die bei Teillast wirkungsgradoptimiert einen kennfeldabhängigen Umschaltpunkt von einer Sternschaltungs-Betriebsart in eine Einzelstrangschaltung durchführt.

8. Verfahren zum Betreiben eines Generator/Motor-Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Schritte:
Betreiben des Generator/Motor-Systems in Sternschaltung durch Geschlossenhalten von der auf der Seite des positiven Pols der Gleichspannungsquelle angeordneten Zweigschalter (S1 bis S3) des ersten Pulswechselrichters (PWR1) und Offenhalten sowohl der auf der Seite des negativen Pols der Gleichspannungsquelle angeordneten Zweigschalter (S4 bis S6) als auch des elektronischen Schalters (S7) sowie aller Zweigschalter des zweiten Pulswechselrichters (PWR2);

Erfassen der Drehzahl der Drehfeldmaschine (DM) und Ermitteln eines kennfeldabhängigen Umschaltpunkts;
am ermittelten Umschaltpunkt Umschalten des Generator/Motor-Systems auf Betrieb in Einzelstrangschaltung durch die Steuereinheit durch Schließen des elektronischen Schalters S7 und Ansteuern des ersten Pulswechselrichters derart, dass jede Generator-Phasenwicklung (a, b, c) ihre eigene H-Brücke erhält, d.h. indem alle Zweigschalter des ersten und zweiten Pulswechselrichters (PWR1, PWR2) ge-

geschlossen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass
das Ermitteln des Umschaltpunkts wirkungsgradoptimiert erfolgt.

1/3

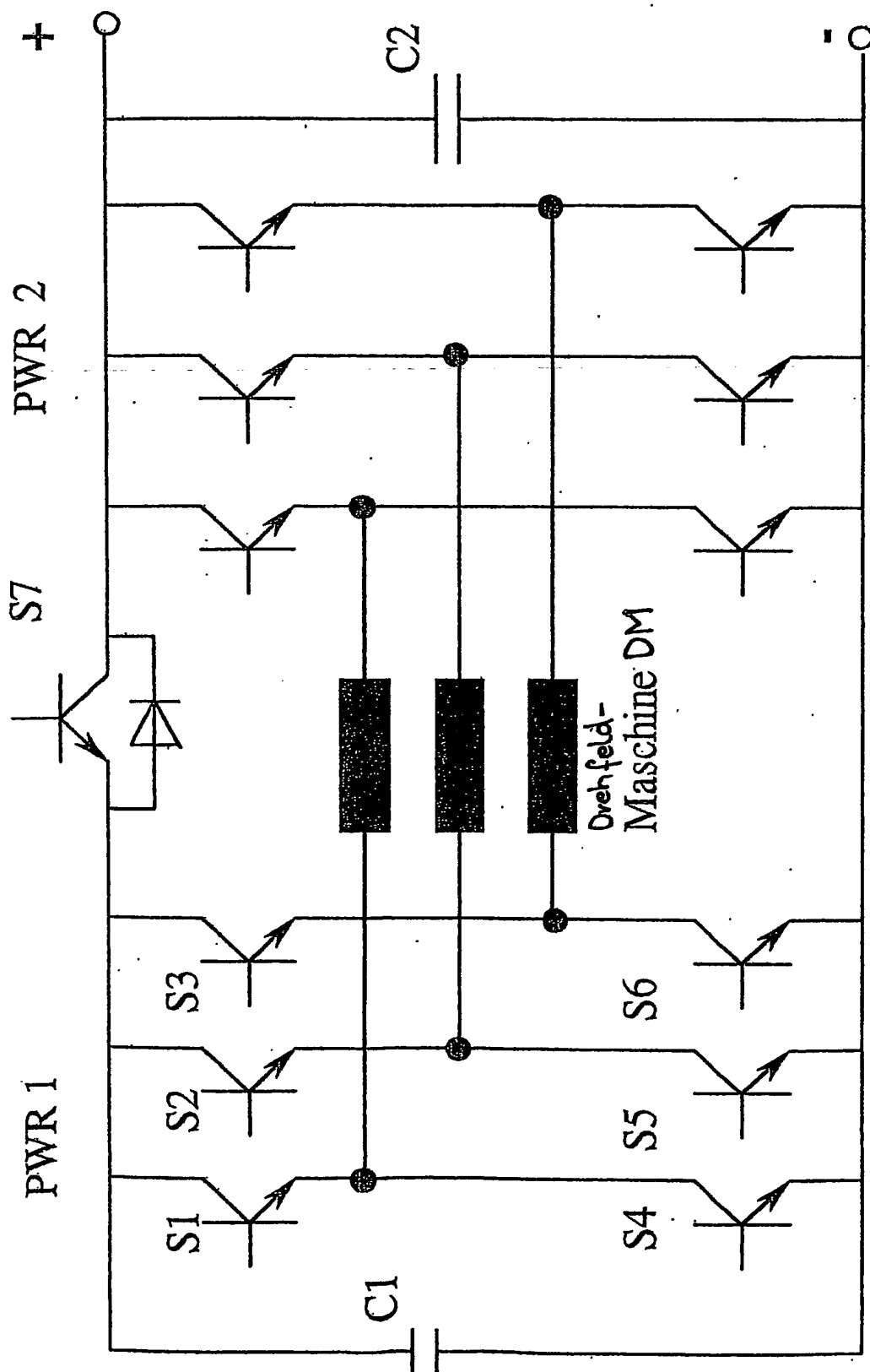


Fig. 1

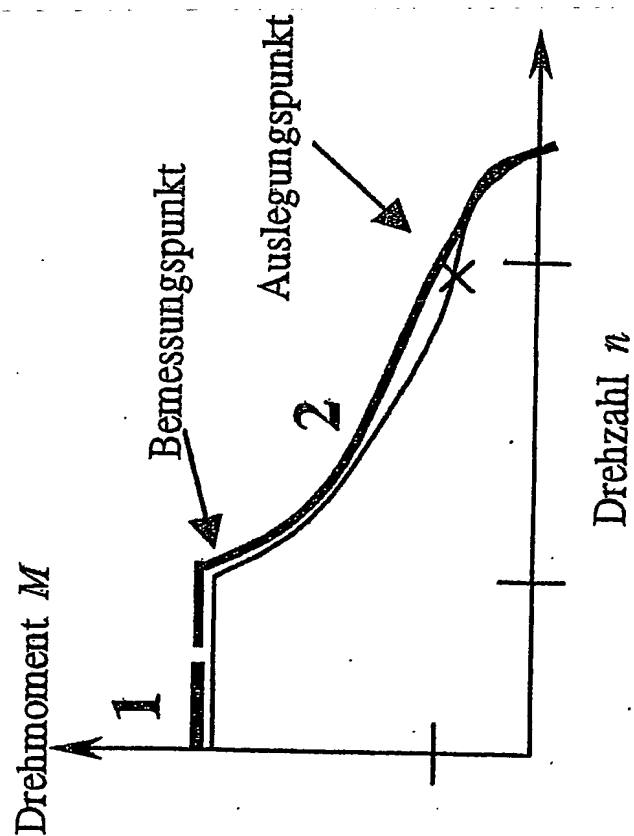


Fig. 2

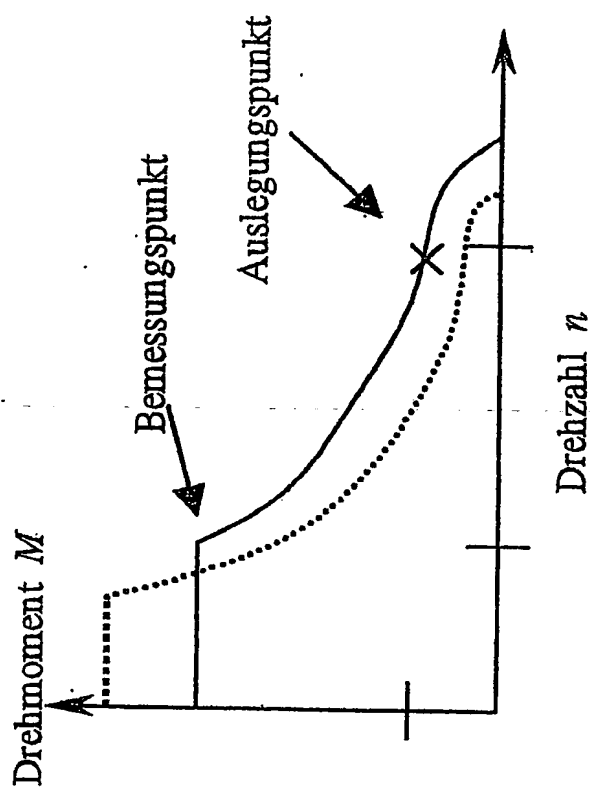


Fig. 3b

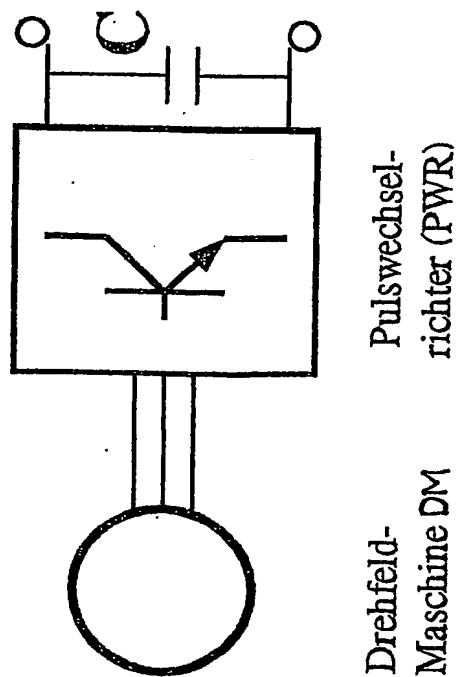


Fig. 3a

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/07698

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02P9/30 H02P9/04 H02J7/14 F02N11/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02P H02J F02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 501 (E-1429), 9 September 1993 (1993-09-09) & JP 05 122997 A (HITACHI LTD;OTHERS: 01), 18 May 1993 (1993-05-18) abstract figure 1	1
X	US 4 024 456 A (SATO SUGURU ET AL) 17 May 1977 (1977-05-17) column 3, line 36 - line 54; figure 1 column 4, line 5 - line 36	1
A	DE 21 18 703 A (NIPPON DENSO CO) 4 November 1971 (1971-11-04) page 6 -page 7; figure 1 -/--	1,8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2003

Date of mailing of the international search report

17/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Imbernon, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/0/698

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 34 32 127 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 March 1985 (1985-03-21) abstract; figure 1</p>	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP 03/0/698

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 05122997	A	18-05-1993	JP	2915187 B2	05-07-1999
US 4024456	A	17-05-1977	JP	1009056 C	26-08-1980
			JP	51140108 A	02-12-1976
			JP	54044481 B	26-12-1979
DE 2118703	A	04-11-1971	JP	49048081 B	19-12-1974
			DE	2118703 A1	04-11-1971
DE 3432127	A	21-03-1985	JP	60055900 A	01-04-1985
			DE	3432127 A1	21-03-1985

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

PCT/EP 03/07698

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02P9/30 H02P9/04 H02J7/14 F02N11/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02P H02J F02N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 501 (E-1429), 9. September 1993 (1993-09-09) & JP 05 122997 A (HITACHI LTD; OTHERS: 01), 18. Mai 1993 (1993-05-18) Zusammenfassung Abbildung 1	1
X	US 4 024 456 A (SATO SUGURU ET AL) 17. Mai 1977 (1977-05-17) Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 54; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 5 - Zeile 36	1
A	DE 21 18 703 A (NIPPON DENSO CO) 4. November 1971 (1971-11-04) Seite 6 -Seite 7; Abbildung 1	1,8
-/--		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. November 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/12/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Imbernon, L

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 34 32 127 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21. März 1985 (1985-03-21) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,8

INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

PCT/EP 03/07698

Im Recherchebericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 05122997	A	18-05-1993	JP	2915187 B2	05-07-1999
US 4024456	A	17-05-1977	JP	1009056 C	26-08-1980
			JP	51140108 A	02-12-1976
			JP	54044481 B	26-12-1979
DE 2118703	A	04-11-1971	JP	49048081 B	19-12-1974
			DE	2118703 A1	04-11-1971
DE 3432127	A	21-03-1985	JP	60055900 A	01-04-1985
			DE	3432127 A1	21-03-1985